

Е. В. Иванов^{1*}, Н. Н. Загиров, Ю. Н. Логинов²

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.

²Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*kafomd_1@mail.ru

ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДНЫХ ПРУТКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ КУСКОВЫХ ФРАКЦИЙ

Приведены результаты экспериментальной работы по получению прутков из кусковых фракций меди. Выявлена зависимость пластических свойств в функции от накопленной степени деформации в виде функции с максимумом. Предложено объяснение такому явлению.

Ключевые слова: медные прутки, брикетирование, прессование, волочение, пластичность.

E. V. Ivanov, N. N. Zagirov, Yu. N. Loginov

PLASTIC PROPERTIES OF COPPER RODS OBTAINED BY THERMODEFORMATION MACHINING OF LUMPY FRACTIONS

Results of experimental work on the production of bars of copper lump fractions are described. Plastic properties dependence as a function of the cumulative strains as a function of a maximum is revealed. An explanation of the phenomenon is suggested.

Keywords: copper rods, briquetting, extrusion, drawing, plasticity.

В работах [1, 2] показана эффективность термодформационной обработки некомпактных материалов, в том числе композиционных [3].

В представленной работе разработана технологическая схема изготовления длинномерных прутков из кусковых фракций меди, она предполагала выполнение следующих основных операций.

1. Подготовка исходных компонентов к компактированию, подразумевающая, в силу специфики их происхождения, лишь незначительную очистку от посторонних включений и промывку в содовом растворе для удаления следов смазки.

2. Горячее брикетирование в жесткой пресс-форме при температуре порядка 450–500 °С, давлении брикетирования 200 МПа и времени выдержки при этом давлении в течение 5 мин.

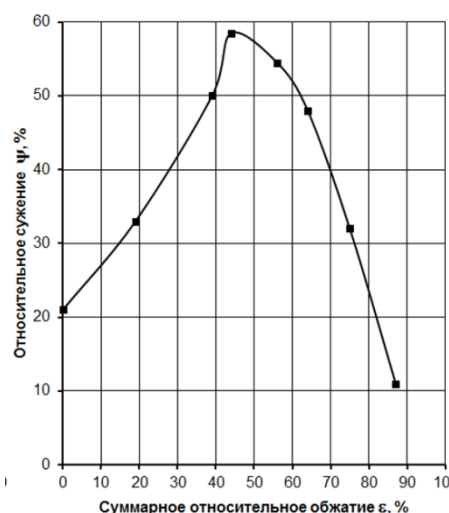
Температура нагрева была выбрана из условия, что она должна быть выше температуры рекристаллизации меди и ниже температуры начала ее интенсивного окисления. Диаметр рабочего канала пресс-формы составлял 42 мм. Масса засыпаемых в пресс-форму отходов принималась равной

350 г. Давление брикетирования назначалось, исходя из условия превышения его значения величины предела текучести материала при заданной температуре обработки. В результате были получены прессовки с соотношением высоты к диаметру, равным порядка 0,75. Интегральная плотность прессовки составляла $8,3 \text{ г/см}^3$, что соответствовало относительной плотности около 93 %.

3. Нагрев прессовки до температуры 900°C в стоящей рядом с вертикальным прессом усилием 1 МН печи, подача нагретой заготовки к прессу и горячая экструзия через коническую матрицу прямым методом.

4. Многократное волочение заготовки.

Полученные в результате такой обработки пластические свойства в виде зависимости относительного сужения от суммарного относительного обжатия представлены на рисунке.



Относительное сужение прутков и проволоки из медных кусочных фракций после горячей экструзии ($\epsilon = 0$) и холодного волочения с разной величиной суммарного относительного обжатия

Вид полученной функции является аномальным, поскольку в теории разрушения металлов предполагается, что при холодной деформации накапливается поврежденность в металле, что приводит к уменьшению характеристик пластичности. На приведенном графике по мере накопления деформации пластичность сначала увеличивается, а затем уменьшается.

Для объяснения приведенных данных высказывается следующая гипотеза. Феноменологическая теория разрушения трактует снижение пластических свойств в операциях нагартовки, как появление микропор, несплошностей, которые ослабляют сечение материала, через которое передается нагрузка. Это положение используется для описания поведения изначально беспористого металла. В проведенных опытах металл был изначально пористый. Поэтому на первой стадии обработки давлением поры могли залечиваться или хотя бы уменьшаться в размерах [4], что для режима волочения показано в работах [5–7]. В результате пластические свойства полуфабриката могли иметь тенденцию к повышению, как это

показано на рисунке возрастающей ветвью графика. При последующем повышении уровня деформации в металле мог получить развитие механизм нарастания дефектности, обусловленный классическим подходом, что отразилось на графике ниспадающей ветвью.

Наличие ниспадающей ветви на графике негативным образом сказывается на технологических свойствах металла. Однако, как это показано в работе [8], можно изменять уровень прочностных и пластических свойств подбором оптимального угла волоки, а также введением в общую технологическую схему промежуточной операции отжига.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загиров Н. Н., Логинов Ю. Н. Технологические основы получения материалов и изделий из сыпучих стружковых отходов меди и ее сплавов методами обработки давлением: монография. Красноярск, 2015. 171 с.
2. Исследование влияния морфологии частиц сортных стружковых отходов из латуни Л63 на свойства прутков и проволоки, получаемых обработкой давлением. / Н. Н. Загиров, И. Л. Константинов, Е. В. Иванов, А. А. Роговой // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2014. № 4. С. 41–45.
3. Загиров Н. Н., Аникина В. И., Надолько А. С. Использование методов обработки давлением для получения материала из сыпучей стружки меди с добавками графита // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2012. Т. 5, № 4. С. 465–471.
4. Логинов Ю. Н., Еремеева К. В. Влияние типа пластической деформации на видоизменение одиночной поры // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 4. С. 40–44.
5. Логинов Ю. Н., Загиров Н. Н., Иванов Е. В. Деформации в пористом прутке из алюминиевого сплава при волочении // Заготовительные производства в машиностроении. 2016. № 3. С. 31–35.
6. Логинов Ю. Н., Еремеева К. В. Формоизменение одиночно расположенной поры в круглой заготовке при волочении // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2009. № 4. С. 3–8.
7. Логинов Ю. Н., Горланов А. Ю., Мурзинов О. Л. Сравнительный анализ процессов холодной сортовой прокатки и волочения проволоки из латуней // Цветные металлы. 2006. № 12. С. 91–93.
8. Логинов Ю. Н., Василевский П. Д., Радионов Л. В. Исследование влияния угла конусности волоки на механические свойства протянутого полуфабриката // Цветные металлы. 2004. № 6. С. 104–106.